

Pencarian Rute Optimum Menggunakan Algoritma Genetika

Anies Hannawati, Thiang, Eleazar

Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra
e-mail: anies@petra.ac.id, thiang@petra.ac.id

Abstrak

Algoritma genetika dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi yang kompleks seperti mencari rute paling optimum dengan memperhatikan kondisi jalan misalnya kepadatan lalu lintas, jalan satu arah dan lain-lain. Dalam makalah ini akan dijelaskan tentang penerapan algoritma genetika untuk mencari rute yang paling optimum dari titik asal ke titik tujuan. Sistem algoritma genetika yang telah didisain menggunakan representasi kromosom dalam bentuk bit string. Karena itu jenis mutasi yang digunakan adalah mutasi bit. Sistem ini juga menggunakan beberapa metode seleksi yaitu roulette wheel, elitism dan gabungan antara metode roulette wheel dan elitism. Ada dua jenis crossover yang digunakan yaitu one cut point crossover dan two cut point crossover. Dari hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan, algoritma genetika yang telah didisain dapat berjalan dengan baik dan dapat menyelesaikan permasalahan.

Kata kunci : algoritma genetika, kromosom, mutasi, seleksi, populasi, reproduksi.

Abstract

Genetic algorithm can be used to solve optimization problems, such as for finding optimal route, which may be influenced by many internal conditions. In this paper, genetic algorithm was implemented to search optimal route from the start point to the destination point. Genetic algorithm system was designed by using bit string - chromosome representation, thus the mutation used was bit mutation. The selection method used was roulette wheel, elitism and hybrid selection between roulette wheel and elitism. There were two kind of crossover points used - one and two cut point crossover. From the experiments, we could conclude that the genetic algorithm system design worked well and solved the optimization problems.

Keywords : genetic algorithm, chromosome, mutation, selection, population, reproduction.

Pendahuluan

Ilmu pengetahuan dan teknologi pada akhir-akhir ini berkembang dengan begitu pesatnya. Seiring dengan itu muncul berbagai masalah-masalah yang baru, antara lain adalah masalah optimasi. Optimasi adalah pencarian nilai-nilai variabel yang dianggap optimal, efektif dan juga efisien untuk mencapai hasil yang diinginkan. Masalah optimasi ini beraneka ragam tergantung dari bidangnya, misalnya dalam industri antara lain pengaturan jam kerja karyawan, jumlah persediaan bahan baku, jalur distribusi yang optimal, dan sebagainya. Dalam penelitian ini masalah optimasi yang dipilih adalah masalah dalam bidang transportasi, dimana akan dicari optimasi dalam pencarian rute terpendek, waktu tercepat dan kondisi-kondisi yang timbul didalamnya untuk sebuah jalur perjalanan dari posisi awal menuju posisi tujuan pada suatu peta lokasi jalan/kota. Untuk itu diperlukan suatu

metode/cara untuk mendapatkan nilai-nilai variabel yang optimal dari perumusan masalah-masalah tersebut. Bermula dari tuntutan pemecahan masalah optimasi tersebut, pada tahun 70-an muncul sebuah algoritma baru yang dikenal dengan algoritma genetika yang berfungsi untuk memberikan solusi untuk masalah optimasi tersebut.

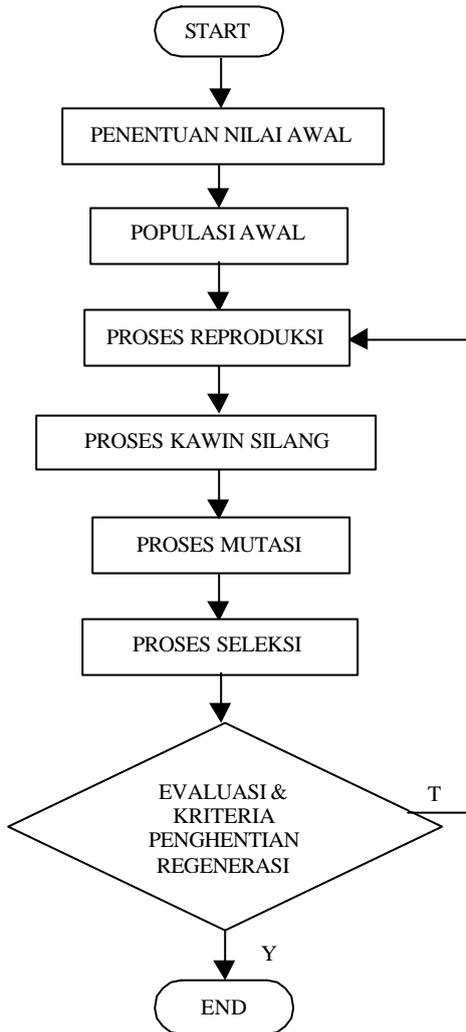
Selanjutnya makalah ini akan diorganisasi sebagai berikut, bagian kedua akan menjelaskan secara singkat mengenai algoritma genetika secara umum. Berikutnya, akan dijelaskan mengenai disain sistem yang membahas mengenai perencanaan dan pembuatan perangkat lunak, diikuti dengan pengujian sistem dari perangkat lunak yang telah dibuat. Terakhir, akan disimpulkan hal-hal yang berkaitan dengan penelitian ini.

Algoritma Genetika [1,2]

Algoritma genetika merupakan suatu metode pencarian yang didasarkan pada mekanisme dari seleksi dan genetika natural. Secara umum, blok

Catatan: Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 November 2002. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Elektro volume 3, nomor 1, Maret 2003.

diagram dari mekanisme kerja algoritma genetika ini adalah seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Algoritma Genetika

Algoritma genetika dimulai dengan pembentukan sejumlah alternatif pemecahan yang disebut populasi. Pembentukan populasi awal dalam algoritma genetika dilakukan secara acak. Dalam populasi tersebut terdapat anggota populasi yang disebut dengan kromosom, yang berisikan informasi solusi dari sekian banyak alternatif solusi masalah yang dihadapi. Kromosom-kromosom akan mengalami evolusi melalui sejumlah iterasi yang disebut generasi. Dalam setiap perjalanan proses generasi, kromosom-kromosom tersebut akan dievaluasi menggunakan suatu fungsi yang disebut dengan fungsi obyektif. Setiap generasi akan menghasilkan kromosom-kromosom yang baru yang dibentuk dari generasi sebelumnya dengan menggunakan operator reproduksi, kawin silang dan mutasi.

Kromosom-kromosom yang mempunyai nilai obyektif yang baik akan memiliki probabilitas yang lebih tinggi untuk terseleksi. Setelah beberapa kali proses generasi tersebut dilakukan, algoritma genetika akan menunjukkan kromosom yang terbaik, yang diharapkan merupakan solusi yang optimal ataupun mendekati optimal dari problem yang dihadapi. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah representasi kromosom yaitu bagaimana mengkodekan suatu alternatif solusi itu menjadi kromosom yang akan diproses menggunakan algoritma genetika.

Proses reproduksi merupakan suatu proses untuk membentuk keturunan baru dengan mewariskan sifat-sifat yang sama dari kromosom induk. Proses reproduksi sebenarnya merupakan proses duplikasi dan tidak menghilangkan sifat kromosom induk yang lama. Hal ini dilakukan dalam proses algoritma genetika untuk menjaga sifat-sifat induk yang baik tidak akan hilang begitu saja.

Proses kawin silang memerlukan dua kromosom induk. Proses ini dilakukan dengan menukar sebagian informasi pada kromosom induk pertama dengan informasi dari kromosom induk kedua. Parameter yang penting dalam proses kawin silang adalah crossover rate yang merupakan nilai perbandingan jumlah kromosom yang diharapkan akan mengalami kawin silang terhadap jumlah kromosom dalam satu populasi. Crossover rate yang tinggi akan memungkinkan pencapaian alternatif solusi yang lebih bervariasi dan mengurangi kemungkinan menghasilkan nilai optimum yang tidak dikehendaki. Tetapi bila nilai ini terlalu tinggi akan mengakibatkan pemborosan waktu untuk melakukan perhitungan di daerah solusi yang tidak menjanjikan hasil yang optimal.

Proses mutasi merupakan salah satu dari operator genetika untuk menghasilkan perubahan acak pada satu kromosom. Cara termudah untuk melakukan mutasi adalah dengan mengubah satu atau lebih bagian dalam kromosom dan hal ini tergantung pada mutation rate. Mutation rate menentukan probabilitas jumlah bit di dalam satu populasi yang diharapkan mengalami mutasi. Apabila nilai mutation rate terlalu kecil, banyak bit-bit yang berguna mungkin tidak akan muncul dalam populasi, tetapi apabila terlalu tinggi maka keturunan yang dihasilkan akan kehilangan sifat-sifat yang mungkin saja merupakan sifat yang unggul dari orang tuanya dan algoritma genetika

akan kehilangan kemampuan untuk belajar dari pencarian-pencarian sebelumnya.

Proses seleksi adalah proses evolusi yang menghasilkan generasi baru dari generasi-generasi sebelumnya. Generasi-generasi yang baru dapat terdiri dari kromosom-kromosom induk dan turunan. Metode seleksi pada algoritma genetika ada bermacam-macam, antara lain Roulette-Wheel, Elitism, Sigma Scaling, Boltzmann, Rank Selection, Tournament Selection, Steady-State Selection, dan gabungan dari metode metode tersebut.

Disain Sistem

Dalam penelitian ini, algoritma genetika diimplementasikan untuk mencari rute paling optimum dari titik asal ke titik tujuan. Pengertian rute optimum disini adalah rute yang memiliki waktu tempuh dan total jaraknya paling minimal. Berikut akan dijelaskan sistem algoritma genetika yang telah didisain dan pembuatan prosedur untuk proses algoritma genetika.

Disain Sistem Algoritma Genetika

Representasi kromosom merupakan cara bagaimana mengkodekan suatu alternatif solusi itu menjadi kromosom yang akan diproses menggunakan algoritma genetika. Dalam penelitian ini, representasi kromosom yang digunakan dalam bentuk bit string. Panjang bit kromosom yang akan digunakan dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$P = (S - I)C \tag{1}$$

dimana P adalah panjang bit kromosom; S adalah jumlah spot/titik dan C adalah jumlah bit dari banyaknya percabangan maksimal yang dikodekan dalam biner.

Panjang bit tersebut bukan merupakan nilai yang mutlak, melainkan nilai yang dianggap “aman” agar tidak terjadi *unsolved condition*, yaitu kromosom tidak memberikan solusi pemecahan masalah. Panjang kromosom itu sebenarnya merepresentasikan jumlah *hop* maksimal yang mampu dilakukan. Hop merupakan proses perpindahan dari satu titik ke titik lain yang merupakan tetangganya. Jumlah hop maksimal dapat diperoleh dari rumus:

$$H = \frac{P}{C} \tag{2}$$

dimana H adalah jumlah hop maksimal yang mampu dilakukan, P adalah panjang kromosom dan C adalah jumlah bit dari banyaknya percabangan maksimal yang dikodekan dalam biner

Teknik dekode kromosom yang digunakan dalam representasi kromosom adalah sebagai berikut:

1. Pemberian ID/nomor, dilakukan agar dapat dikenali untuk setiap percabangan dari masing-masing spot pada gambar rute
2. Pemotongan kromosom, dilakukan sebesar jumlah bit dari maksimal banyaknya percabangan yang dikodekan ke dalam biner
3. Pendekodean bit-bit, dilakukan sesuai dengan nomor cabang menjadi sederet hop-hop yang akan menghasilkan sebuah rute perjalanan

Dalam penelitian ini, permasalahan optimasi yang ingin dicapai adalah rute yang paling optimum dengan parameter waktu tempuh dan jarak yang paling minimal. Karena itu, fungsi obyektif yang digunakan dalam sistem ini adalah sebagai berikut:

$$f(x, t) = (%D) * \sum_{i=1}^j x_i + (%W) * \left(\sum_{i=1}^j t_i \right) * v \tag{3}$$

dimana f (x,t) adalah fungsi obyektif, j adalah jumlah hop yang diperlukan hingga mencapai titik tujuan ataupun jumlah hop maksimal apabila titik tujuan tidak dicapai, x adalah jarak antar titik, t adalah waktu antar titik, v adalah kecepatan konstan, %D adalah bobot persentase untuk jarak dan %W adalah bobot persentase untuk waktu.

Berikut ini, Tabel 1 menunjukkan spesifikasi dari sistem algoritma genetika yang telah didisain dan parameter-parameter yang digunakan dalam pembuatan perangkat lunak untuk algoritma genetika.

Tabel 1. Spesifikasi Sistem Algoritma Genetika dan Perangkat Lunak

Jumlah Spot	32 Spot
Maksimum Percabangan	8 Percabangan
Jumlah Populasi	Dapat diubah-ubah (1 – 400)
Panjang Kromosom maksimum	96 Bit
Jumlah Hop maksimum	32 Hop
Metoded Seleksi yang digunakan	1. Seleksi Roulette-Wheel 2. Seleksi Elitism 3. Seleksi Gabungan
Jenis Proses Reproduksi	Sistim Duplikasi

Jenis Proses Mutasi	Sistim Bit
Nilai Mutasi	0 – 1
Jenis Proses Kawin Silang	1. Sistim satu titik potong 2. Sistim dua titik potong
Nilai crossover rate	0 – 1
Kriteria Penghentian Regenerasi	10000 generasi berikut tidak ada yang lebih optimum
Syarat	1. Rute harus dilewati 2. Rute tidak boleh dilewati

Pembuatan Prosedur Algoritma Genetika

Perangkat lunak algoritma genetika didisain dengan menggunakan bahasa program pascal. Prosedur-prosedur yang dibutuhkan oleh algoritma genetika ini, antara lain:

- **Prosedur Angka Acak**
Angka acak/*random* yang digunakan dalam algoritma genetika ini memakai fungsi yang telah disediakan oleh bahasa program pascal.
- **Prosedur Reproduksi**
Prosedur ini akan menduplikasi ulang kromosom induk secara lengkap sehingga menghasilkan turunan baru yang sama dengan induknya.
- **Prosedur Kawin Silang**
Prosedur ini akan memilih dua kromosom induk yang akan mengalami proses kawin silang secara acak, kemudian menentukan satu atau dua titik potong secara acak pula. Setelah titik potong ini terpilih maka dilakukan proses penukaran informasi dari kedua kromosom itu berdasarkan titik potong yang telah ditentukan. Probabilitas sebuah kromosom akan mengalami kawin silang atau tidak, bergantung pada nilai crossover rate yang diinputkan melalui PC.
- **Prosedur Mutasi**
Prosedur mutasi yang akan digunakan adalah mutasi bit. Setiap bit dari kromosom tersebut akan mempunyai peluang sendiri untuk mengalami mutasi. Probabilitas terjadinya mutasi pada setiap bit ditentukan oleh nilai *mutation rate* yang diinputkan melalui PC.
- **Prosedur Seleksi**
Seleksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode roulette-wheel, metode elitism dan gabungan kedua metode tersebut. Dalam metode roulette-wheel, peluang setiap kromosom untuk terseleksi sebanding dengan nilai obyektifnya. Semakin besar nilai obyektif, maka semakin besar peluang untuk terseleksi. Karena permasalahan optimasi yang ingin dicapai adalah mencari waktu tempuh dan jarak yang paling minimal, maka untuk metode seleksi roulette-wheel, fungsi

obyektif masing-masing kromosom akan diubah dengan menggunakan persamaan berikut:

$$f'(x_i) = f(x)_{\max} + f(x)_{\min} - f(x_i) \quad (4)$$

dimana $f'(x_i)$ adalah nilai obyektif baru, $f(x)_{\max}$ adalah nilai obyektif maksimum, $f(x)_{\min}$ adalah nilai obyektif minimum dan $f(x_i)$ adalah nilai obyektif sebelumnya.

Metode elitism melakukan proses seleksi dengan mengambil kromosom terbaik sebanyak jumlah populasinya. Metode gabungan yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan komposisi 30% populasi diperoleh dari metode elitism dan sisanya dengan memakai metode roulette-wheel.

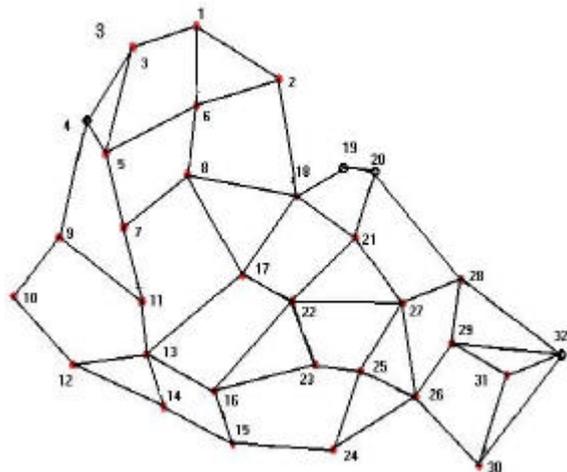
- **Prosedur Populasi Awal**
Prosedur ini akan membangkitkan sejumlah kromosom secara acak untuk membentuk populasi awal. Jumlah kromosom dalam satu populasi dapat bervariasi sesuai dengan setting awal yang telah ditentukan.
- **Prosedur Penghitungan Generasi**
Prosedur ini dibuat untuk memeriksa apakah kriteria berhenti dari algoritma genetika sudah dipenuhi atau tidak. Hal ini dilakukan dengan menghitung jumlah generasi sampai batas maksimum yang diberikan. Bila dalam jumlah generasi yang ditentukan tidak ada kromosom yang lebih baik maka algoritma genetika akan berhenti melakukan proses iterasi. Semakin besar nilai batas maksimum generasi tersebut maka hasilnya dapat menjadi lebih baik, namun akan memerlukan proses yang lebih lama.
- **Prosedur Pengukuran Jarak**
Prosedur ini untuk mengukur jarak dengan menggunakan persamaan Pythagoras.
- **Prosedur Pengukuran Waktu**
Prosedur pengukuran waktu ini dibagi menjadi dua bagian yaitu waktu untuk jam-jam sibuk dan waktu untuk jam-jam normal.
- **Prosedur Syarat**
Prosedur syarat merupakan prosedur untuk memeriksa apakah syarat yang diberikan sudah tercapai atau belum, yaitu syarat rute yang harus dilewati dan tidak boleh dilewati. Jika syarat yang diberikan sudah tercapai, maka kromosom tersebut akan menjadi kromosom yang valid, sedangkan jika syarat yang diberikan tidak tercapai, maka kromosom tersebut dianggap invalid.

Pengujian Sistem

Pengujian proses algoritma genetika dilakukan dengan melakukan perubahan nilai parameter yang digunakan, yaitu nilai crossover rate, nilai mutation rate maupun nilai jumlah kromosom per populasi. Selain itu, pengujian juga dilakukan dengan memberikan beberapa syarat-syarat untuk melihat tingkat keberhasilannya. Percobaan dilakukan dengan mencari rute terpendek dan waktu tersingkat berdasarkan kondisi rute, yang akan dibagi menjadi beberapa bagian berdasarkan ada atau tidaknya syarat untuk pengujian jarak saja dan pengujian jarak dan waktu. Bentuk rute pengujian dapat dilihat pada Gambar 2. Pengujian yang dilakukan adalah mencari rute paling optimum dari titik spot menuju ke titik spot 32. Secara ringkas, spesifikasi pengujian dapat dilihat pada Table 2.

Tabel 2. Spesifikasi Rute Pengujian

Populasi Awal	N Populasi (N dapat diubah)
Rute/Peta	Gambar 2
Spot Awal	Spot No. 1
Spot Akhir	Spot No. 32
Metoded Seleksi yang digunakan	1. Seleksi Roulette-Wheel 2. Seleksi Elitism 3. Seleksi Gabungan
Nilai Mutasi	0 – 1
Jenis Proses Kawin Silang	1. Sistim satu titik potong 2. Sistim dua titik potong
Nilai crossover	0 – 1
Kriteria Penghentian	10000 generasi berikut tidak ada yang lebih optimum
Syarat	Ada/Tidak ada



Gambar 2. Rute Pengujian

Melalui perhitungan secara manual didapatkan nilai obyektif yang terbaik adalah 569.52 km dan rute yang terpendek adalah rute dari spot 1 – 2 – 18 – 21 – 27 – 28 – 32.

Hasil pengujian sistem yang paling sederhana, tanpa menggunakan syarat, juga menghasilkan nilai yang sama dengan perhitungan manual.

Beberapa hal yang didapat dari hasil pengujian, meliputi perbandingan antara metode–metode seleksi yang dipakai dan perbandingan nilai parameter-parameter yang diuji, adalah sebagai berikut:

- Berdasarkan metode seleksi yang digunakan (seleksi roulette-wheel, seleksi elitism, seleksi gabungan) dalam tiap pengujian, maka terlihat bahwa metode seleksi yang terbaik didalam pengujian ini adalah metode roulette-wheel.
- Berdasarkan perbandingan jumlah titik potong (satu titik potong dan dua titik potong) dalam proses kawin silang maka terlihat bahwa satu titik potong lebih baik daripada dua titik potong.
- Nilai mutation rate yang besar (0.3 – 1) memberikan hasil optimal yang lebih cepat daripada nilai yang kecil, sedangkan perbedaan nilai crossover rate tidak terlalu banyak berpengaruh terhadap proses perhitungan algoritma genetika pada penelitian ini.
- Waktu proses yang dibutuhkan rata-rata untuk masing-masing metode seleksi berdasarkan pengujian di atas sangat tergantung terhadap jumlah kromosom yang dipakai dan juga banyaknya syarat yang dimasukkan.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dapat ditarik beberapa kesimpulan menarik mengenai metode ini. Algoritma genetika cukup efektif dan mudah digunakan khususnya dalam hal mencari rute terpendek dan waktu tersingkat berdasarkan kondisi rute. Algoritma ini menunjukkan keunggulannya pada saat dilakukan perhitungan dengan memakai bobot jarak terhadap waktu. Hal ini akan memakan waktu lebih lama untuk perhitungan matematika biasa. Semakin kompleks bentuk rutenya, maka makin sulit dilakukan perhitungan dengan metode matematika biasa. Secara keseluruhan, algoritma genetika yang telah didisain dapat berjalan dengan baik dan dapat menyelesaikan permasalahan.

Daftar Pustaka

- [1] Gen, Mitsuo, and Cheng, Runwei Genetic Algorithms And Engineering Design. Edited by Hamid R.Parsaei. United States Of America: John Wiley and Sons,1997
- [2] Goldberg, David E., Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Addison-Wesley Publishing Company, 1989.
- [3] Mitchell, Melanie, An Introduction To Genetic Algorithm, Massachusetts, 1996.
- [4] Davis, Lawrence, Handbook Of Genetic Algorithms. New York: Van Nostrand Reinhold,1991
- [5] Man,K.F, et al., Genetic Algorithms For Control And Signal Processing. London: Springer,1997.
- [6] Thiang, Ronald Kurniawan, Hany Ferdinando, Implementation of Genetic Algorithm on MCS51 Microcontroller for Finding the Shortest Path. Prosiding Seminar of Intelligent Technology and Its Applications (SITIA 2001), ITS-Surabaya, Mei 2001